

В.С. Сідак, С.В. Нестеренко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВНУТРІШНІХ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ ТА ПОШКОДЖЕНЬ ВІД ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КОРОЗІЇ

Огляд стану безпеки внутрішніх будинкових систем газопостачання та аналіз проблемних питань при експлуатації. Моніторинг та прогноз витоків газу по причині корозії на внутрішніх газопроводах в квартирах. Розробка алгоритму контролю технічного стану та проведення технічної діагностики внутрішніх мереж. Дослідження механізму розвитку пошкоджень на внутрішніх газопроводах від електрохімічної корозії.

Ключові слова: безпека, газопостачання, аварія, моніторинг, діагностика, футляр, корозія, алгоритм.

Постановка проблеми

Майже 150-річний термін експлуатації газових мереж в м. Харкові показує, що система газопостачання значною мірою вичерпала свій ресурс. Газова мережа є останньою ланкою у системі забезпечення споживачів природним газом. В зв'язку з цим вона характеризується розгалуженістю газових мереж і наявністю великої кількості регулюючого обладнання, запірної арматури, внутрішньо-будинкових газопроводів та великої кількості будинкового газового обладнання з значним терміном експлуатації.

Спроекована та збудована понад 57 років назад система газопостачання міста Харкова природним газом вже не здатна забезпечити газом всіх бажаючих споживачів міста, особливо з урахуванням збільшення споживання газу в зонах нової забудови. Структура споживання природного газу м. Харків складається з різних категорій споживачів: 500 тис. побутових абонентів, понад 690 промислових підприємств, більше ніж 3,4 тис. комунально-побутових споживачів.

На сьогодні стан газотранспортної системи характеризується вичерпаністю технічного ресурсу, зниженням експлуатаційних параметрів, моральним та фізичним зносом газопроводів, газового регулюючого обладнання (ГРП) та газового обладнання (530 тисяч – що складає 80%) на внутрішньо будинкових системах (ВБСГ), яке потребує заміни [1].

Газові підприємства, з метою виявлення та подальшого аналізу витоків газу різного походження, здійснюють моніторинг аварій та інтенсивності відмов на ВБСГ. Проведення моніторингових досліджень дає змогу виявити дійсну картину [2]. Кількість витоків газу всіх походжень в газорозподільній системі за 20 років представлена на діаграмі у відносних частках (рис. 1).

Кожна одиниця газового обладнання чи арматури є потенційним об'єктом витоків газу, які є потенційним об'єктом виникнення аварій на внутрішньо-будинкових системах газопостачання.

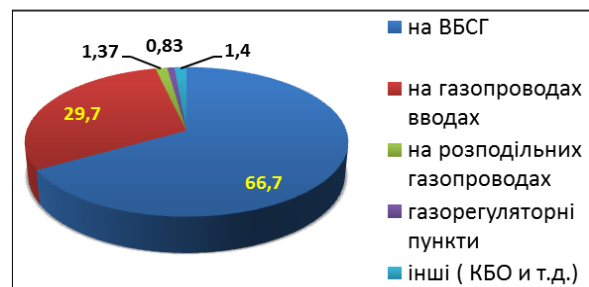


Рис. 1. Діаграма розподілу витоків газу

З діаграми видно, що найбільша кількість витоків газу в системі газопостачання регіону (міста) припадає на внутрішньо будинкові газопроводи – 66,7 %; а на газові вводи – 29,7 %, КБО – 1,4 % та 1,37 % – на розподільні газопроводи.

Питання безпечної експлуатації ВБСГ в останні роки набули особливої актуальності. Вибухи побутового газу, що відбулися в ряді областей України та призвели до людських жертв не були випадковими подіями. Тенденції останніх років свідчать про постійне погіршення показників аварійності внутрішньо будинкового газового обладнання, про те, що проблеми технічного стану та обслуговування ВБСГ носять системний характер.

Значні терміни експлуатації газопроводів викликають старіння металу внаслідок корозійних процесів, що обумовлює появу малих витоків з трубопроводів. Особливо це актуальне для внутрішньо-будинкових газових мереж, для яких виявлення витoku газу може тривати значний період часу експлуатації. Така ситуація є неприпустимою як з економічної, так і з екологічної точки зору, оскільки малий витік газу важко зауважити, внаслідок чого загазованість може обіймати житлові та технологічні приміщення будівель, а в деяких випадках призвести до утворення газоповітряної суміші та вибуху, в результаті якого виникають суттєві економічні збитки та небезпека для людського життя [2, 3]. Актуальність роботи полягає в тому, що чим швидше ми

визначимо проблему, через яку відбулася відмова системи газопостачання, тим самим зменшимо число матеріальних збитків і людських жертв.

З сказаного очевидно, що діагностика малих витоків з газових мереж відноситься до першочергових завдань експлуатації ВБСГ регіональних газових компаній (РГК).

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз досліджень експлуатації та розвитку систем газопостачання міста Харкова та Харківської області [3, 4] свідчить про те, що для газових мереж також характерно фізичне та природне старіння ізоляції та металу труб інженерної інфраструктури. Положення ускладнюється ще тим, що більше 90% газопроводів знаходяться в небезпечних зонах впливу блукаючих струмів та активних корозійних зон при перетині металевими трубами будівельних конструкцій будівель. Дослідження показують [6], що великі аварії відбувалися через розгерметизацію газопроводів за чотирма основними причинами:

- від можливих механічних пошкоджень;
- від розривів неякісних зварювальних стиків;
- наскрізних корозійних пошкоджень металу труби;
- від якості запірної газової арматури.

Для Харкова актуальним залишається питання безпеки газопостачання, зростання нещасних випадків при використанні газу у побуті, зношеність та самовільне втручання в систему газопостачання. Технічний стан внутрішньо-будинкового обладнання, якість обслуговування та стан димових і вентиляційних каналів в приватних і багатоповерхових житлових будинках негативно впливає на безпеку газопостачання [1].

Ці причини і формують структуру основних витоків газу на газопроводах. Структура витоків в регіональних системах газопостачання були досліджені в численних наукових працях вітчизняних вчених, таких як, Самойленко М. І., Сідак В. С., Нестеренко С. В Супонев В. М., Ориняк І. В., Розгонюк В. В та інші [1; 3; 4; 5; 6; 7; 8].

Аналіз численних літературних джерел [1; 2; 3; 8; 9;] та звіти діяльності конкретних підприємств, які експлуатують інженерні мережі, показує, що не останнє місце в статистиці нещасних випадків займають ті, які пов'язані з порушенням правил безпечного користування побутовими газовими приладами, витоками газу по причині корозійних пошкоджень металу труб внутрішніх газових мереж при переходах через конструкції будівель, а частина аварій виникає через аварійне підвищення тиску газу на виході з ГРП або зниження тиску нижче допустимого з різким його підвищенням перед газовими приладами.

Огляд останніх джерел і досліджень у даній га-

лузі [1; 2; 3; 5; 9;] показав, що причинами виникнення аварій при використанні газу в побуті вже протягом декількох років залишаються традиційними: халатність абонентів; неякісне та несвочасне технічне обслуговування газового обладнання; несправність та невідповідність вимогам нормативних актів систем димоходів та вентиляції; самовільне встановлення, заміна або втручання в роботу газових приладів, відмова автоматики безпеки на побутових газових водонагрівачах та опалювальних приладах.

Аналіз відомих досліджень в даній галузі [1; 2; 3; 5; 6; 7; 8; 9] показав, що дослідження витоків газу та прогноз руйнувань газопроводів з вини корозійних пошкоджень металу труб внутрішніх газових мереж при переходах через конструкції будівель не проводився. Теми діагностики корозійного стану газопроводів, ефективні заходи щодо їх захисту від корозії і можливості продовження ресурсу газопроводів висвітлені у публікаціях авторами Супоневим В. М., Сідак В. С. Стріжевським І. В, Будзуляк Б. В., Тичко І.А., Ремізовим В.В., Кузьменко Ю.О. Петровим Н. А. [2; 3; 7; 8; 9]. Але в останні роки відсутні публікації з проблем і технічного обстеження та діагностики внутрішніх мереж будинків, також відсутні методичні вказівки та рекомендації по вирішенню комплексу задач для підвищення ефективності та надійності ВБСГ.

Метою даної статті є дослідження стану внутрішніх будинкових систем газопостачання та моніторинг відмов, а також прогноз витоків газу на внутрішніх газових мережах по причині корозії. Розкриття проблем експлуатації ВБСГ, дослідження технічного стану та діагностування внутрішніх газопроводів, розробка алгоритму контролю технічного стану ВБСГ при проведенні технічної діагностики внутрішніх мереж та аналіз механізму розвитку пошкоджень на внутрішніх газопроводах від електрохімічної корозії дає змогу забезпечити підвищення надійності ВБСГ.

Виклад основного матеріалу

1. Проблемні питання експлуатації ВБСГ, які призводять до аварій та нещасних випадків

Для міста Харкова природний газ займає біля 80 % долю в структурі енергоспоживання, тому для забезпечення розвитку промисловості і ЖКГ необхідно забезпечити відповідний розвиток системи газопостачання міста. В цілому стан газових мереж поки задовільний, і вони здатні забезпечити безперебійне, безаварійне газопостачання споживачів газу. Однак з року в рік система старіє, зношується, збільшується кількість аварій при користуванні газом в побуті. Зрозуміло, що це вимагає все більших зусиль, матеріально-технічних ресурсів, щоб забезпечити безперебійне і безаварійне газопостачання.

Питання безпечної експлуатації ВБСГ в останні

роки набули особливої актуальності. Вибухи побутового газу, що відбулися в ряді областей України та призвели до людських жертв не були випадковими подіями.

Особливу заклопотаність викликає безпека громадян, які проживають у багатоквартирних будинках, несвоєчасна профілактика будинкового газового обладнання, нерегулярне технічне обслуговування, неухважність використання газових приладів самими абонентами. Сьогодні в епіцентрі вибуху побутового газу може опинитися кожен. При аналізі причин вибухів та нещасних випадків при використанні газу в побуті виявлено такі проблеми, сукупність яких може призвести до аварій. Інфраструктурні та технічні:

- ❖ Фізичний знос внутрішньо-будинкових мереж і газо-споживаючого обладнання. Газові плити та газові колонки, які встановлені в період 50-60 років тому, як правило, не оновлюються і є джерелом підвищеної небезпеки.

- ❖ Фізичний і моральний знос основного обладнання ГРП. Більше 60% подібного обладнання в Україні відпрацювало подвійний і більш ресурс та сильно відстають за технічними параметрами і показниками надійності, тобто не відповідають нормативним вимогам Європейського Союзу (ЄС).

- ❖ Близько 35 % багатоквартирних житлових будинків не відповідають протипожежним і антитерористичним нормам.

- ❖ Вимикаючі пристрої на внутрішньо-будинкових газопроводах (як правило – це пробкові крани, які установлені в під'їздах житлових будинків) потребують заміни на сучасні крани, ВБСГ підлягає оновленню та реконструкції згідно норм ЄС.

- ❖ Причинами виникнення аварій при використанні газу в побуті вже протягом декількох років залишаються традиційними: неякісне та несвоєчасне технічне обслуговування газового обладнання; несправність та невідповідність вимогам нормативних актів систем димоходів та вентиляції; самовільне

- ❖ встановлення, заміна або втручання в роботу газових приладів; халатність абонентів при експлуатації газових приладів і т. п.

- ❖ В регіональних системах газопостачання не впроваджені автоматизовані системи управління технологічним процесом (АСУТП) розподілу природного газу. Згідно нормативних документів України АСУТП розподілу природного газу не є обов'язковим елементом впровадження, хоча давно і успішно використовується в країнах ЄС.

- ❖ Не розроблені методичні рекомендації по дослідженню технічного стану ВБСГ при проведенні технічної діагностики внутрішніх мереж, а також мало досліджені механізми розвитку пошкоджень на внутрішніх газопроводах від електрохімічної корозії.

Головним завданням регіональних газових компаній (РГК) є безперебійне та безаварійне газопостачання населення й комунально-побутових споживачів області, а також транспортування газу на промислові потреби.

Ці проблемні питання дозволяють розробити невідкладні заходи по безпеці газопостачання на ВБСГ, а впровадження сучасних і інноваційних технологій дозволить підвищити надійність і ефективність управління РГК.

2. Моніторинг витоків газу на ВБСГ

Для побудови графіка динаміки витоків газу ми будемо використовувати статистичний метод дослідження. Цей метод не дозволяє безпосередньо виявити вплив всієї сукупності факторів на точність обробки, а отже, виявити причини виникнення похибок і шляхи підвищення точності. Тенденція росту витоків газу в порівнянні з заявками зберігається до 2016 року. Щоб проаналізувати намічені тенденції в зміні числа витоків газу на ВБСГ, розглянемо графіки зміни динаміки цих показників всіх витоків в системі газопостачання міста та витоків на ВБСГ за 22 роки (рис. 2)



Рис. 2. Динаміка числа витоків газу в газових мережах та ВБСГ

Моніторинг витоків на ВБСГ показує, що незначне зростання витоків газу спостерігалось до 2004 р. (5220 витоків), але потім значне зростання до 2010 року та досягло пікового значення (14815 шт.). За 22 роки аналізу графіком зміни числа витоків за період з 2010 р. до 2016 р. (рис. 2) видно, що число витоків на ВБСГ дещо зменшилося після виконання ряду заходів по безпеці користування газу в побуті, але довгостроковий аналіз показує після 2011 року зростання витоків газу на ВБСГ і темпи цього зростання теж збільшуються по експоненті: $y=2300,1e^{0,0862x}$; величина апроксимації $R^2=0,8906$.

3. Аналіз та прогноз витоків газу по причині корозії на внутрішніх газопроводах в квартирах

В останні роки значно виросли витoki газу на внутрішніх газопроводах в квартирах житлових багатоповерхових будинків в місцях перетину газових мереж через будівельні конструкції будинків (стіни та міжповерхові перекриття). Потрібно відмітити, що ці витoki знайти при технічному обслуговуванні ВБСГ дуже важко, при перевірках на герметичність без сучасних газопошукових приладів, так як сталеві труби внутрішніх газопроводів знаходяться у металевих футлярах, доступ при обстеженні обмежений.

Щоб проаналізувати намічені тенденції в зміні

числа витоків та прогноз витоків газу по причині корозії на внутрішніх газопроводах в квартирах, розглянемо динаміку цих показників за останні 12 років збільшення всіх витоків на ВБСГ (з 5 шт. у 2003 році до 52 шт. у 2013 р.

Для побудови графіка динаміки витоків газу ми будемо використовувати статистичний метод дослідження. Число витоків в газових мережах за останні роки по всім типам витоків на газових мережах досягло у 2015 році 12 витоків (рис. 3). За допомогою табличного процесора будемо залежність випадків витоків газу по причині корозії металу труб в квартирах з 2003 – 2015 роках. Темпи зростання кількості витоків, що збільшуються по експоненті, автоматичним підбором табуляції формул рівняння: $y=6,8941e^{0,1185x}$; величина апроксимації $R^2=0,4041$.

Для повного аналізу витоків по причині корозії металу труб в квартирах та з 2003 – 2015 роках та прогноз до 2020 року ми можемо порівняти зростання кількості витоків на ВБСГ (рис. 3). Аналогічно будемо експоненту випадків витоків газу по причині корозії в квартирах на ВБСГ з прогнозом на 5 років до 2020 р., автоматичним підбором табуляції формул, рівняння: $y=6,8941e^{0,1185x}$; величина апроксимації $R^2=0,4041$.



Рис. 3. Аналіз витоків газу по причині корозії металу труб в квартирах та прогноз до 2020 року

Якщо зробити математичний прогноз зростання числа витоків за наявними показниками то видно, що в найближчі п'ять років, при незмінних факторах і не дивлячись на те, що кількість витоків зменшилась у 2014 - 2015 роках у порівнянні з 2013 роком, то у 2020 році прогноз зростання числа витоків газу по причині корозії металу труб в квартирах в найближчі п'ять років перевищить 58 витоків газу (рис. 3).

Причини витоків газу на внутрішньоквартирних газопроводах потрібно шукати в термінах експлуатації ВБСГ, фізичному зносі газових натяжних кранів, які терміново потрібно замінити на сучасні кульові на внутрішніх газопроводах (до 1 млн. кранів в м. Харкові), різьбових з'єднаннях, заміна внутрішніх сталевих труб, які пошкоджені корозією, необхідність впровадження сучасних технологій діагностики сталевих труб для виявлення пош-

кодження труб з заміною внутрішніх газових мереж на мідні труби при проведенні капітального ремонту газифікованих будівель.

Рівень безпеки газопостачання суттєво можемо покращити, якщо, проводити аналіз і кількісну оцінку можливих наслідків від прогнозованих аварій, самовільного втручання абонентів в роботу ВБСГ та виконання заходів щодо усунення поломок шляхом ремонту по заявкам служб ВБСГ

Для визначення стану ВБСГ необхідно провести аналіз аварій, або нещасного випадку та впроваджувати сучасні технології організації безпеки газопостачання шляхом впровадження технології діагностики із застосуванням сучасних засобів неруйнівного контролю: ультразвукові методи; магнітні методи; візуально вимірювальний контроль та впроваджувати сучасні технології пошуку витоків газу по причи-

ні корозії металу газових мереж в квартирах. Розробити алгоритм технічного діагностування внутрішніх газопроводів для забезпечення належного рівня безпеки після закінчення нормативного терміну служби ВБСГ та технічне переоснащення й модернізацію газового обладнання

4. Технічне діагностування внутрішніх газопроводів.

Основне завдання діагностики - визначення фактичного технічного стану систем внутрішнього газопостачання, пошук і визначення потенційних загроз, а також виявлення залишкового ресурсу всієї системи внутрішнього газопостачання.

Технічне діагностування внутрішніх газопроводів проводять з метою визначення:

- Технічного стану внутрішнього газопроводу;
- Потреби в ремонті і обсягу ремонту внутрішнього газопроводу;
- Залишкового ресурсу внутрішнього газопроводу.

Технічне діагностування внутрішніх газопроводів

Широке впровадження технічного діагностування внутрішніх будинкових газопроводів (ВБГ) житлових і промислових будівель може вирішити проблему їх безпечної експлуатації та виникнення аварійних ситуацій. Нормативний строк служби внутрішніх систем газопостачання в Україні встановлений РО «Укргаз» до 30 років, тобто на теперішній час більш ніж половина ВБСГ працює с закінченим нормативним терміном служби, а технологія та

Положення про діагностуванні технічного стану внутрішніх газопроводів житлових і громадських будівель відсутні.

Проведемо дослідження причин корозії стану внутрішніх газопроводів житлових будівель, оцінку корозійної небезпеки; оцінку якості зварних стиків та герметичність й міцність труб.

З врахуванням виявлених чинників (на рис. 3 лінія тренду прогнозу кількість витоків до 2020 року зростає по експоненті) можливо й необхідно розробити основні складові робіт з діагностування ВБГ та розробити алгоритм проведення технічної діагностики внутрішніх газопроводів. В подальшому для комплексного оцінювання стану ВБСГ необхідно розробити математичні моделі для комплексного оцінювання та прогнозування й організаційно-технологічного забезпечення надійності внутрішньої трубопроводної системи газопостачання.

5. Розробка алгоритму контролю технічного стану ВБСГ та проведення технічної діагностики внутрішніх мереж

Для комплексного оцінювання стану ВБСГ розроблено алгоритм контролю технічного стану ВБСГ та проведення технічної діагностики мереж (рис. 4). Комплекс робіт пошукового рівня проводиться в наступному порядку:

- Визначення наявності загазованості приміщень і місць витоків газу.
- Визначення фактичних геометричних параметрів газопроводу (протяжності, діаметрів, товщин стінок) і виявлення відступів від документації

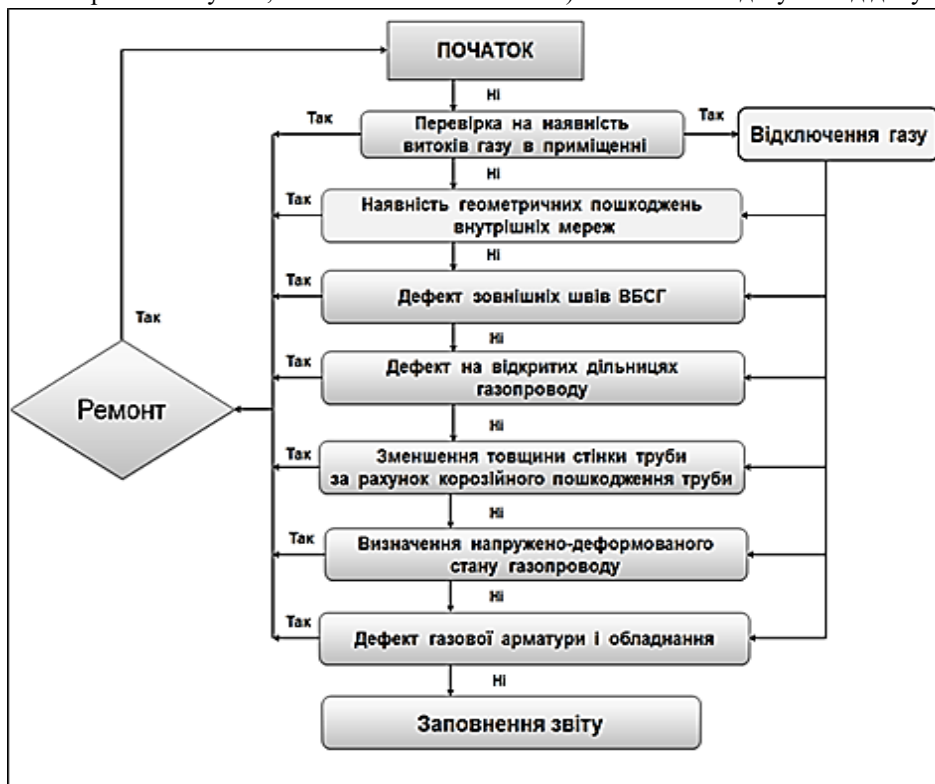


Рис. 4. Алгоритм контролю технічного стану ВБСГ

- Визначення кількості та місця розташування зварних з'єднань, запірних пристроїв, газових приладів та іншого газового обладнання.
- Визначення наявності пошкоджень на відкритих ділянках газопроводу та визначення якості забарвлення газопроводу.
- Визначення якості зварних з'єднань газопроводу
- Визначення наявності слідів протікання, ступеня вологості і періодичності зволоження будівельних конструкцій в місцях їх перетину з газопроводами.
- Позиціонування газопроводу щодо потенційних джерел зволоження.
- Визначення ступеня корозійного ураження газопроводу або його футляра в місцях переходів газопроводу через будівельні конструкції
- Визначення наявності електричного контакту труба - футляр.
- Виявлення дефектів в місцях переходів газопроводу через будівельні конструкції за допомогою ультразвукової дефектоскопії.
- Визначення напружено-деформованого стану газопроводу.
- Реєстрація результатів робіт пошукового рівня у відповідних формах

Для забезпечення належного рівня безпеки після закінчення нормативного терміну служби необхідно або повністю замінити ВБГ, або провести заміну тільки його пошкодженої ділянки, які повинні бути виявлені в процесі проведення технічного діагностування. За наявною статистикою одне пошкодження припадає в середньому на тисячу метрів ВГЗ. У цих умовах вартість комплексу робіт по діагностиці трубопроводів з подальшим ремонтом буде приблизно в 10 разів нижче вартості його повної заміни.

Дослідження технічного стану внутрішньо будинкових газопроводів обов'язково проводиться по методу неруйнівного контролю (рис. 4). Діагностику по можливості проводять без відключення будинку від газопостачання. У процесі технічного діагностування ВГЗ можуть проводитися такі види робіт:

1. Візуальний контроль

Візуальним контролем називається контроль, який проводиться шляхом огляду об'єкта неозброєним оком або із застосуванням нескладних оптичних засобів: дзеркал і луп.

2. Ультразвуковий контроль якості кільцевих зварних з'єднань за допомогою ПЕП хордової типу.

3. Ультразвуковий контроль якості і оцінка технічного стану ділянок газопроводу, що проходять через будівельні конструкції. Для проведення даного виду робіт розроблені спеціалізовані ультразвукові перетворювачі і методика контролю з використанням «нормальних хвиль».

4. Ультразвукова товщинометрія проводиться, як правило, з використанням малогабаритних дат-

чиків (ПЕП) на частоті 10МГц.

5. Прибори для пошуку витоків газу (газові індикатори та газосигналізатори) дозволяє виявити:

- Витоки газу з різьбових з'єднань та будівельних конструкцій (міжповерхове перекриття) корозійні пошкодження – типу «шийка в газопроводі або його футлярі.
- Витоку з запірних пристроїв;
- Витоку з зварних з'єднань інших ділянок трубопроводів.

6. Визначення напружено-деформованого стану газопроводу може проводитися за допомогою різних приладових методів.

7. Визначення корозійної активності бетону:

- Кількість хлоридів визначається за допомогою хімічних індикаторів;
- Лужність рідкої фази бетону визначається за допомогою хімічних індикаторів;
- Поверхневий потенціал газопроводу або його футляра визначається за допомогою спеціальної методики. Для проведення вимірів використовується мідно-сульфатний електрод порівняння (еталон) і спеціалізований корозіометр. На величину поверхневого потенціалу впливають такі чинники, як вологість бетону і хімічний склад рідкої фази бетону. Величина поверхневого потенціалу фактично характеризує інтенсивність протікання процесу корозії в момент проведення вимірювань;

- Вологість бетону визначається за допомогою вологомірів. Глибина визначення вологості може досягати 10 см. Щоб виключити вплив металеві арматури, застосовують додатково вимірювачі поверхневої вологості.

8. Візуальна оцінка ступеня потенціальної небезпеки в залежності від місця розташування газопроводу і конструктивних особливостей його прокладки. При цьому оцінюється:

- Ступінь потенційної небезпеки в залежності від місця розташування газопроводу (наявність слідів протікання, можливість механічних пошкоджень, віддаленість потенціальних джерел вологи);
- Ступінь небезпеки джерел вологи, розташованих поблизу газопроводу. Джерела вологи можуть бути «відкриті» і «закриті». З «відкритих» джерел вологи (раковина, ванна, душ, сміттєпровід) вода може безпосередньо потрапити на газопровід або зволожити міжповерхове перекриття. Щоб вода потрапила на газопровід з «закритих» джерел вологи, їх герметичність повинна бути порушена. Найбільш небезпечні відкриті джерела вологи.

- Наявність і місце розташування футлярів.

6. Дослідження механізму розвитку пошкоджень на внутрішніх газопроводах від електрохімічної корозії

Механізм розвитку пошкоджень на внутрішніх газопроводах в даний час не достатньо добре вивче-

ний. Багаторічний узагальнений досвід експлуатації ВБСГ [1, с. 297], детальний розширений аналіз й прогноз витоків газу на ВБСГ та побудова дерева відмов витоків газу на ВБСГ показує, що основним фактором ушкодження внутрішніх будинкових газопроводів (ВБСГ) є електрохімічна корозія зовнішньої поверхні трубопроводу, що виникає внаслідок його зволоження або зволоження футляра (рис. 5 – рис. 7) в місцях переходу через будівельні конструкції будинків (стіни та міжповерхові перекриття).

Зустрічаються корозійні пошкодження і на тих ділянках ВГЗ, які безпосередньо контактують з бетоном. У цьому випадку швидкість корозії також залежить від присутності в бетоні рідкої фази, що містить агресивні солі (зазвичай хлориди).

У переходах через будівельні конструкції, наприклад, міжповерхові перекриття (рис. 5), швидкість корозії залежить від лужності зволоженого бетону і можливості доступу вільного кисню до місця протікання корозії. Систематичне зволоження поверхні ВБГ може відбуватися через особливостей їх прокладки. Однак, це – швидше виняток, і найчастіше зволоження поверхні газопроводу відбувається по випадковим причин, пов'язаних з халатністю людей або несправністю мереж. Практика показує, що в зазначених умовах зволоження гарячою водою швидкість корозії газової труби може досягати 0,5 мм на рік. Однак в більшості випадків при періодичному зволоженні поверхні швидкість корозії газових труб лежить в межах 0,07 – 0,15 мм на рік. Як граничну оцінку слід вважати те, що в результаті корозійного пошкодження товщина стінки труби стала менше 2 мм, то таку ділянку газопроводу експлуатувати небезпечно, так як він може не витримати можливих механічних навантажень.

Вважаючи, що номінальна товщина стінки газопроводу становить 3,5 – 4 мм, отримаємо при звичайних умовах експлуатації термін, за який товщина стінки газопроводу може зменшитися до неприпустимих меж та лежить в інтервалі 10 – 30 років. Механізм розвитку пошкоджень в місцях переходів через будівельні конструкції залежить від конструкції вузлів переходу, а корозію класифікувати як щільну корозію. Оскільки цей механізм не описаний детально в літературі, вважаємо, що було б корисно зупинитися на ньому докладніше.

При цьому швидкість корозійного ураження металу трубопроводу в першу чергу залежить від інтенсивності вологості поверхні труб. Можна виділити три основні типи вузлів переходу через будівельні конструкції

- Тип 1: футляр повністю оберігає трубу від контакту з бетоном.
- Тип 2: футляр частково оберігає трубопровід від контакту з бетоном.
- Тип 3: футляр відсутній, газопровід безпосе-

редньо контактує з бетоном.

У всіх трьох випадках процес корозії починається з зволоження будівельної конструкції (міжповерхового перекриття) внаслідок витоку води або утворення конденсату. Для типу 1 характерно наступний розвиток корозії (рис. 5).

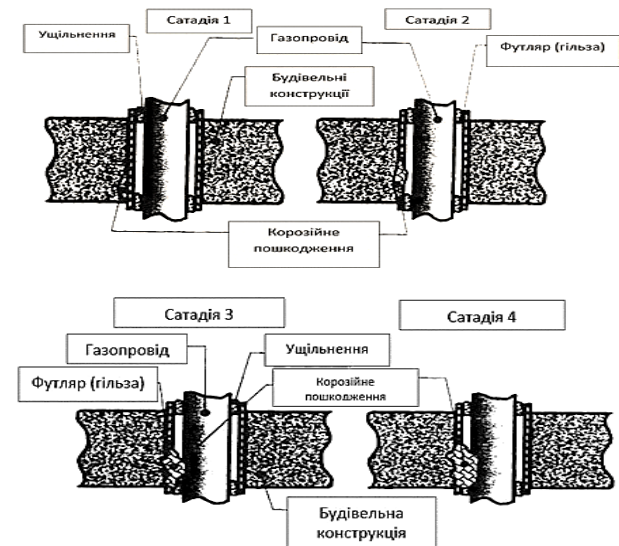


Рис. 5. Стадії розвитку корозійних пошкоджень ВБГ, що проходить через будівельні конструкції.

На першому етапі корозії підлягає футляр до наскрізного ушкодження (стадія 1, 2), далі відбувається заповнення продуктами корозії простору між футляром і трубою (стадія 3). Волога потрапляє безпосередньо на поверхню газопроводу, після чого газопровід починає кородувати аж до наскрізного ушкодження. При цьому відбувається спікання продуктів корозії від газопроводу і його футляра (стадія 4).

Далі, для переходів типів 2 і 3 процес корозії практично однаковий: корозія руйнує поверхню газової труби в місці контакту з бетоном. Найбільша кількість дефектів газопроводів в місцях переходів через будівельні конструкції, які вдалося виявити в процесі технічного діагностування, доводиться на стадію 1 розвитку корозійних пошкоджень. На цьому етапі корозійне пошкодження виглядає, як правило, у вигляді так званої «шийки» (рис. 1.6), яка являє собою кільцеве поглиблення в тілі труби або її футляра, розташоване в місці контакту з бетоном по периметру трубопроводу.

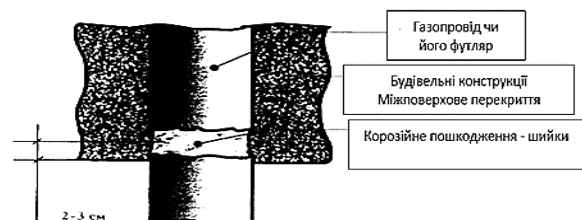


Рис. 6. Корозійне пошкодження внутрішнього газопроводу в місці переходу через будівельну конструкцію - «шийка».

Корозійне пошкодження у вигляді «шийки» має нерівні краї, а по глибині може змінюватися в межах 0,12 мм. «Шийка» розташована на відстані не більше 3 см від поверхні будівельної конструкції, через яку проходить газопровід.

- в зонах контакту газопроводу або його футляра з будівельною конструкцією;

- в місцях, розташованих біля поверхні будівельної конструкції, через яку газопровід проходить.

На підставі багаторічного досвіду експлуатації внутрішніх газопроводів було встановлено, що ступінь корозійного ураження газопроводу або його футляра в місцях переходів газопроводу через будівельні конструкції протікає найбільш інтенсивно:

а) Розтин ділянки газопроводу в місці переходу через будівельну конструкцію в разі, коли футляр не оберігає газову трубу від контакту з будівельною конструкцією (Рис. 7.а).

Для визначення технічного стану ділянок газопроводу, що проходять через будівельні конструкції досить визначити:

- наявність і місце розташування футляра;
- технічний стан ділянок на газопроводі або його футлярі, розташованих біля поверхні будівельної конструкції в зоні контакту газопроводу або його футляра з будівельною конструкцією
- визначення наявності і ступеня пошкоджень газопроводу або його футляра в місцях переходів через будівельні конструкції виконується методом розкриття ділянки газопроводу або його футляра. Розтин необхідно виконати на кожному вузлі переходу газопроводу через будівельну конструкцію, а при наявності доступу - в місці входу і виходу газопроводу.

Роботи необхідно проводити в такій послідовності: Виконати розтин ділянки газопроводу або його футляра в місці контакту металу труби з будівельною конструкцією. У разі, якщо футляр відсутня або не захищає газову трубу від контакту з будівельною конструкцією, розкриття проводиться відповідно до рисунка 7.а. У разі, якщо футляр повністю оберігає газову трубу від контакту з будівельною конструкцією, розкриття проводиться відповідно до рис. 7. б.

За результатами робіт пошукового рівня ділянка газопроводу на заміну або ремонт призначається (залежно від характеру і розмірів дефектів) у випадках:

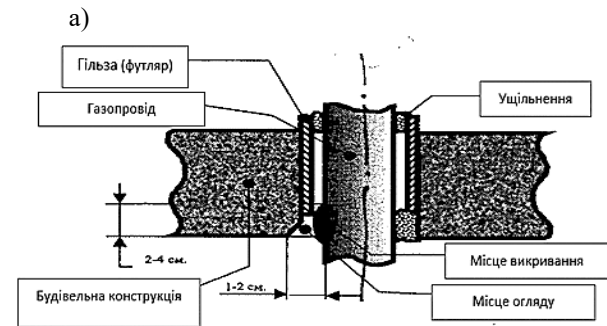
- на газопроводі виявлено корозійне пошкодження з максимальною втратою товщини стінки більше 20% від первісної;
- товщина стінки на ділянці газопроводу менше 2 мм;
- ступінь корозійного ураження обстежуваної ділянки газопроводу або його футляра оцінюється як "3", "3 – 4", або "4" за шкалою візуальної оцінки

ступеня корозійного ураження.

- виявлено зварене з'єднання (зварні з'єднання), що мають неприпустимі дефекти (тріщини, пори, включення, відшаровування, прожоги.

- виявлено витік газу з зварного з'єднання;
- виявлені недопустимі дефекти в результаті проведення ультразвукової дефектоскопії методом «нормальних хвиль».

- Заходи з технічного діагностування внутрішніх газопроводів повинні мати комплексний характер і враховувати наведені тише параметри дефектів і механізми їх виникнення.



а) Розтин ділянки газопроводу в місці переходу через будівельну конструкцію в разі, коли футляр не оберігає газову трубу від контакту з будівельною конструкцією.

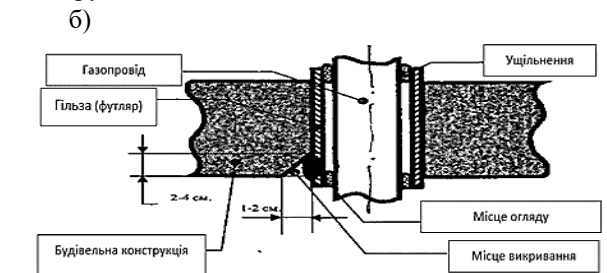


Рис. 7. Розкриття ділянки газопроводу в місці переходу через будівельну конструкцію в разі, коли футляр повністю оберігає поверхню газової труби від контакту з будівельною конструкцією.

7. Дослідження ряду потенціалів для металів і сплавів, що контактують із мінералізованими водами та розробка протекторного футляру для активного захисту вузла газопроводу, який проходить через міжповерхове перекриття.

Процес корозійного руйнування за механізмом може бути хімічним при окисленні сухої поверхні металу і електрохімічний при корозії зволжених поверхонь (волога корозія). У санітарно-технічному обладнанні будинків більшість проблем викликано вологою корозією, для якої потрібно, по-перше, присутність електроліту, здатного проводити електричний струм, по-друге, наявність якого-небудь впливу, що створює різницю потенціалів.

Багато корозійних процесів вимагають також присутності кисню. Якщо помістити метал в елект-

роліт, може виникнути корозія в формі хімічної реакції, що супроводжується проходженням електричного струму. Частина системи, виготовлена з металу, звідки позитивні заряди в формі іонів надходять в розчин, називається анодом. Негативні заряди (електрони) переміщуються в зону з більш високим потенціалом - до катода, де вступають в реакцію з киснем. У процесі корозії завжди руйнується саме анод. Різниця потенціалів анода і катода залежить від умов. В умовах нестачі кисню одні ділянки металу стають анодними по відношенню до інших, куди надходить більше кисню, що призводить до виникнення місцевої корозії.

Саме цей вид корозії і спостерігається при руйнуванні труби під час переходу газопроводів через будівельні конструкції (рис. 6). Якщо різні метали занурити в електроліт, через деякий час кожен з них придбає характерний для нього електричний потенціал. Подібним чином можна розташувати метали в тій послідовності, яка називається електрохімічним рядом напруг, однак точний порядок їх розташування може бути дещо іншим залежно від металу, складу сплаву або від властивостей електроліту. На рис.8 показано ряд потенціалів для металів і сплавів, що контактують із мінералізованими водами.

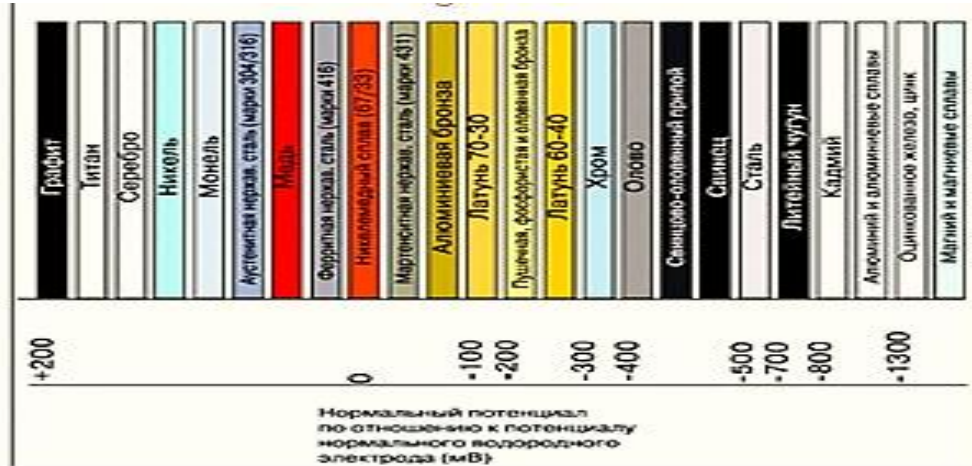


Рис. 8. Ряд напруг для металів і сплавів, що контактують із мінералізованими водами.

Виходячи з наведеного ряду в якості протектора для газопроводів з вуглецевої сталі найбільш підходять алюміній, цинк і магній. Застосування активної (протекторної) захисту для газопроводів значно змінює електродний потенціал газової труби. Захист від корозії газових трубопроводів забезпечується застосуванням електрохімічного захисту (ЕХЗ). Найбільш поширеним технічним рішенням забезпечення ЕХЗ, підтвердженим світовою практикою є застосування протекторів (в зарубіжній термінології - гальванічних анодів). Протекторна захист простіше і дешевше катодного, оскільки не вимагає джерела постійного струму.

Ефективність ЕХЗ газового трубопроводу залежить від електрохімічних характеристик застосованого протекторного сплаву, які, в свою чергу, визначають термін служби протектора. Світовим загальноприйнятим технічним рішенням є проектування браслетних протекторів на весь термін служби трубопроводу[9-11]. У світовій практиці протикорозійного захисту (ПКЗ) сталевих споруд застосовуються протекторні сплави на основі магнію, алюмінію або цинку, які рекомендуються використовувати в певних умовах. Чисті метали - магній, алюміній, цинк - не отримали практичного застосування для виготовлення протекторів, так як магній має порівняно низьку струмовіддачу, а алюміній і цинк схи-

льні до пасивації. Введення добавок дозволяє отримати сплави з більш негативними, ніж у основного металу, потенціалами, які можуть залишатися активними, рівномірно руйнуватися. У магнієві сплави для протекторів вводять добавки алюмінію, цинку і марганцю. Алюміній покращує ливарні властивості сплаву і підвищує механічні характеристики, але при цьому трохи знижується потенціал. Цинк обгороджує сплав і зменшує шкідливий вплив таких домішок, як мідь і нікель, дозволяючи підвищувати їх критичний вміст в сплаві. Марганець вводять в сплав для осадження домішок заліза. Крім того, він підвищує віддачу струму і робить більш негативним потенціал протектора.

Основні забруднюючі домішки в сплаві - залізо, мідь, нікель, кремній, що збільшують самокорозію протекторів і знижують термін їх служби. Матеріалом протекторів зазвичай є цинк, магнієві сплави, алюміній-магній-цинкові сплави. Метал протектора вибирають з урахуванням техніко-економічних показників. Так, витрата металу протектора на 1А на рік становить 5,9 кг - для алюмінію 6,7 кг - для цинку. Виконані розрахунки для умов захисту внутрішніх газопроводів найбільш підходить сплав Al—Zn—Mg (B95). Сплав B95, хімічний склад якого регулюється ГОСТом 4784-97, складається з алюмінію - до 91,5%, легованих добавками магнію, цинку і

міді. Введення міді підвищує стійкість сплаву до корозії під напругою, а марганець і хром сприяють підвищенню його міцності. При цьому виникає «прес-ефект», завдяки якому збільшується міцність пресованих виробів, що виготовляються зі сплаву В95. Освоєний промисловістю високоміцний сплав В95 не рекомендують використовувати для роботи в умовах температур **нижче -70 градусів**.

Протекторний захист для вузлів переходу газопроводів через будівельні конструкції можна виконати в формі футляру із сплаву В95 з обов'язковою підваркою в вигляді кільцевого шва з газопроводом для забезпечення електричного контакту. Схема установки протекторного футляра приведено на рисунку 9.

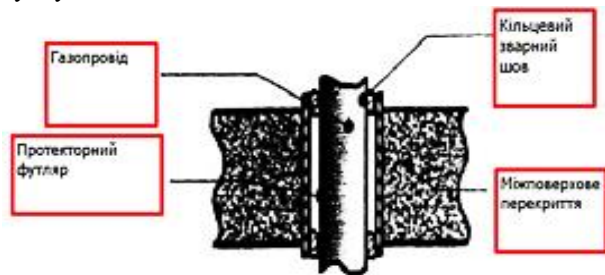


Рис. 9. Схема установки протекторного футляру для активного захисту вузла газопроводу, який проходить через міжповерхове перекриття.

Використання протекторних футлярів для захисту внутрішньо-будинкових газопроводів значно знизить ризик локального руйнування газових труб. Монтаж футлярів не потребує додаткових капіталовкладень.

Висновки

Для визначення стану ВБСГ проведено огляд безпеки та аварійності газових мереж. Проведено дослідження та аналіз проблемних питань при експлуатації ВБСГ, а також дослідження стану аварійності внутрішніх квартирних газових мереж. Аналіз проблемних питань при експлуатації ВБСГ показав, що, коли обсяг необхідної вихідної інформації і детальність аналізу обмежуються лише суб'єктивними факторами. За підсумками моніторингу витоків газу на ВБСГ та витоків газу в системі газопостачання, проаналізовані причини витоків газу та розроблені рекомендації щодо їх усунення.

Аналіз кількості витоків показав, що найбільш слабким місцем в забезпеченні безпеки ВБСГ є газові прилади, встановлені в квартирах громадян, а дослідження витоків по причині корозії та зварних стиків на внутрішньо - квартирних газопроводах за 2003 – 2015 рр. показує, що надмірне зростання витоків газу цього типу, тому що пошук таких витоків газу дуже складний та не завжди успішний при проведенні ТО ВБСГ. Проведено дослідження технічного стану вну-

трішніх будинкових газопроводів та дослідження механізму розвитку пошкоджень на внутрішніх газопроводах від електрохімічної корозії.

Дослідження показують, що основним фактором ушкодження внутрішніх будинкових газопроводів (ВБГ) є електрохімічна корозія зовнішньої поверхні трубопроводу, яка виникає внаслідок його зволоження в місцях переходу через будівельні конструкції будинків (стіни та міжповерхові перекриття), з урахуванням властивості щільної корозії. Зроблені перші кроки в розробці заходів з технічного діагностування внутрішніх газопроводів, досліджені параметри дефектів і механізми їх виникнення.

Розроблений алгоритм контролю технічного стану ВБСГ та проведення технічної діагностики внутрішніх мереж. Також необхідно розробити та впровадити методику по комплексному технічному діагностуванні внутрішніх газопроводів, впроваджувати сучасні технології пошуку витоків газу по причині корозії металу газових мереж в квартирах та забезпечити фінансування для виконання комплексної програми з модернізації ВБСГ та впровадження інноваційних технологій.

Використання протекторних футлярів для захисту внутрішньо-будинкових газопроводів значно знизить ризик локального руйнування газових труб. Монтаж футлярів не потребує додаткових капіталовкладень.

Література

1. Сідак, В. С. Сучасні та інноваційні технології в безпеці газопостачання [Текст]: монографія / В. С. Сідак, В. М. Супонев, Ю. Ф. Броневський; за заг. ред. В. С. Сідака. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 433 с.
2. Сідак, В. С. Мониторинг безопасности газоснабжения в Украине. Пути повышения надежности. [Текст] / В.С. Сідак, В.Н. Супонев// Сборник научно-технических трудов Международнойнаучно-технической конференции «ФОР-ГАЗ – 2014» (г. Краков, Польша) – С. 145-159.
3. Супонев, В. Н. До питання про проблеми безпеки у газопостачанні [Текст] / В.Н. Супонев// Науково-виробничий журнал «Охорона праці». – 2009. – №1 – С. 39-41.
4. Сідак, В.С. Анализ утечек и причин стресс-коррозионных разрушений на подземных газопроводах. [Текст] / В.С. Сідак, С.В. Нестеренко, О.Н. Слатова, Ю.Ф. Броневский // Сборник научных трудов Международной научно-практической интернет-конференции 23октября - 22 ноября. – Харьков: ХНУГХ имени. А.Н. Бекетова, 2013 – С. 155-158.
5. Гончарук, М. І. Довідник з газопостачання населених пунктів України [Текст] / М. І. Гончарук М. Д. Середюк, В. І. Шелудченко. – Івано-Франківськ, 2006. – 1313 с.
6. Евдокимов, А.Г. Управление газовым хозяйством области. [Текст] / А.Г. Евдокимов, А.И. Макаренко, Самойленко Н.И., В.С. Сідак – Харьков: Основа, 1997. – 37 с.
7. Ориняк, І.В. Ресурс, довговічність і надійність трубопроводів. Огляд сучасних підходів і проблеми нормативного забезпечення в Україні.- [Текст] / І.В. Ориняк, В.В. Раззо-

- нюк, В.М. Трон, С.Ф. Білик // *Нафтова і газова промисловість*. - 2003. - № 4 – С.54 –57
8. Будзюляк, Б.В. Эффективная защита объектов от коррозии. [Текст] / Б.В. Будзюляк, И.А.Тычки, В.В. Ремизов, Н.А. Петров. // *Газовая промышленность*. - 2002. - № 1. – С. 66-69.
9. Shrikant Ardhapurkar, Tanu Srivastava1, Swati Sharma1/ *Privacy and Data Protection in Cyberspace in Indian Environment. / International Journal of Engineering Science and Technology Vol. 2(5), 2010, 942-951*

References

1. Sidak, VS, Suponev, VM, Bronevsky, Yu.F. (2015) Modern and innovative technologies in gas supply security - Kharkiv: O. M. Beketov NUUE, 433.
2. Sedak, VS, Suponov, VN (2014) Monitoring of gas supply security in Ukraine. Ways to improve reliability. *Collection of scientific and technical works Forgaz-2014 International Scientific and Technical Conference (Krakow, Poland)*, 145-159.
3. Suponev, VN (2009) On the issue of safety in gas supply. *Scientific and Production Journal "Labor Protection"*, 1, 39-41.
4. Sedak, VS, Nesterenko, SV, Slatova, ON, Bronevsky, Yu.F. (2013) Analysis of leaks and causes of stress corrosion damage in underground gas pipelines. *Proceedings of the International Scientific and Practical Internet Conference October 23 - November 22*. Kharkov: O. M. Beketov NUUE, 155-158.
5. Goncharuk, MI, Serebyuk, MD, Sheludchenko, VI (2006) Handbook on gas supply of populated points of Ukraine. Ivano-Frankivsk, 1313.
6. Evdokimov, AG, Makarenko, AI, Samoilenko, NI, Sedak, VS (1997) Gas management of the region. - Kharkov: Basis, 37.

7. Orynyak, IV, Rozgonyuk, VV, Torop, VM, Bilyk, SF (2003) Resource, durability and reliability of pipelines. Review of modern approaches and the problem of regulatory support in Ukraine. *Oil and gas industry*, 4, 54 –57.
8. Budulyak, BV, Tychki, IA, Remizov, VV, Petrov, NA (2002) Effective protection of objects against corrosion. *Gas Industry*, 1, 66-69.
9. Shrikant Ardhapurkar, Tanu Srivastava1, Swati Sharma1 (2010) Privacy and Data Protection in Cyberspace in Indian Environment. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2 (5), 942-951.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Ф. Харченко, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна.

Автор: СІДАК Володимир Степанович
кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри нафтогазової інженерії і технологій
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail - vssedak48@gmail.com

Автор: НЕСТЕРЕНКО Сергій Вікторович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail - nester.hnamg@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2089-6786>

ADDITION TO THE BOARD OF THE INTERNAL GAS NETWORKS AND DAMAGE FROM ELECTROCHEMICAL CORROSION

V. Sidak, S. Nesterenko

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

A study and analysis of problematic issues in the operation of internal house gas supply networks (VDSG), as well as a study of the accident status of apartment internal gas networks. The analysis of problematic issues during the operation of the VDSG showed that when the volume of the necessary initial information and the detailed analysis are limited only by subjective factors. Based on the results of monitoring gas leaks at the VDSG and gas leaks in the gas supply system, the causes of gas leaks are analyzed and recommendations for their elimination are developed. An analysis of the number of leaks showed that the weakest point in ensuring the safety of the VDSG is gas appliances installed in the apartments of citizens, as well as welded joints on the internal apartment gas pipelines. Studies show that the main factor in damage to domestic gas pipelines (VDG) is the electrochemical corrosion of the outer surface of the pipeline, which occurs as a result of its wetting at the points of transition through the building structures (walls and floors), taking into account the properties of crevice corrosion. It is also necessary to develop and implement a methodology for comprehensive technical diagnostics of internal gas pipelines, to introduce modern technologies for the search for gas leaks due to corrosion. The defects of internal gas pipelines in the places of transitions through building structures were investigated; it corresponds (stage 1) to the development of corrosion damage. At this stage, corrosion damage looks, as a rule, in the form of a so-called "neck", which is an annular recess in the body of the pipe or its case, located at the place of contact with concrete. The introduction of tread cases from B95 alloy to protect home gas pipelines will significantly reduce the risk of local destruction of gas pipes. Installation of cases does not require additional investment.

Keywords: security, gas supply, emergency, monitoring, diagnosis, case, corrosion, algorithm.